

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-069380

(43)Date of publication of application : 07.03.2003

(51)Int.Cl.

H03H 9/25

H03H 3/10

H03H 9/145

(21)Application number : 2001-252028

(71)Applicant : SEIKO EPSON CORP

(22)Date of filing : 22.08.2001

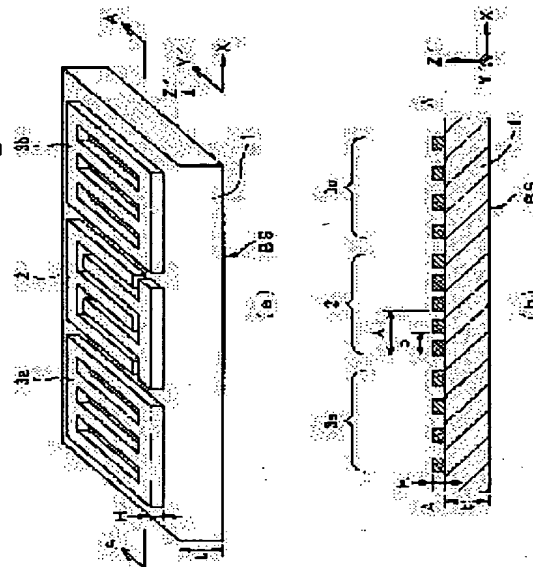
(72)Inventor : KANNA SHIGEO

(54) SURFACE ACOUSTIC WAVE ELEMENT, COMMUNICATION DEVICE USING THE SURFACE ACOUSTIC WAVE ELEMENT, MANUFACTURING DEVICE OF THE SURFACE ACOUSTIC WAVE ELEMENT, AND MANUFACTURING METHOD OF THE SURFACE ACOUSTIC WAVE ELEMENT

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a surface acoustic wave element using a crystal leaky wave the frequency versus temperature characteristics of which can easily be enhanced.

SOLUTION: The frequency versus temperature deviation range is adjusted to a minimum by setting an adjustment quantity of a crystal thickness t to be 0 to 1λ with respect to an IDT wavelength λ .



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] The surface acoustic element characterized by having the IDT electrode which an Eulerian angle is cut into (0, 15 - 23 degrees, and 0), is formed on the crystal substrate adjusted so that thickness might be settled in the predetermined frequency temperature-distribution range, and the aforementioned crystal substrate, and excites the Leakey wave to the aforementioned crystal substrate.

[Claim 2] The surface acoustic element characterized by having the IDT electrode to which the crystal substrate by which the Eulerian angle (0theta, 0) was cut into 15 minutes [20] < theta < 16 degrees, and the IDT wavelength lambda and thickness H of an IDT electrode are set up so that it may be set to $0.01 < H/\lambda < 0.0055\theta - 0.0725$, and they excite the Leakey wave to the aforementioned crystal substrate.

[Claim 3] The surface acoustic element characterized by having the IDT electrode to which the crystal substrate by which the Eulerian angle (0theta, 0) was cut into $16 \leq \theta \leq 23$ degrees, and the IDT wavelength lambda and thickness H of an IDT electrode are set up so that it may be set to $0.01 < H/\lambda$ and $0.0055\theta - 0.08275 < H/\lambda < 0.0055\theta - 0.0725$, and they excite the Leakey wave to the aforementioned crystal substrate.

[Claim 4] The surface acoustic element of the claim 1-3 characterized by performing adjustment of the thickness of the aforementioned crystal substrate to the forming face of the aforementioned IDT electrode, and all the fields that counter so that it may fit in the predetermined frequency temperature-distribution range given in any 1 term.

[Claim 5] The surface acoustic element of the claim 1-3 characterized by performing adjustment of the thickness of the aforementioned crystal substrate to the aforementioned crevice so that the crevice which has a larger area than the formation field of the aforementioned IDT electrode may be established in the forming face of the aforementioned IDT electrode, and the field which counters and it may fit in the predetermined frequency temperature-distribution range given in any 1 term.

[Claim 6] The surface acoustic element of the claim 1-5 to which the amount of adjustments of the thickness of the aforementioned crystal substrate is characterized by being 0.1λ given in any 1 term.

[Claim 7] It is a communication device using the surface acoustic element characterized by having the IDT electrode which a surface acoustic element is used as a frequency-selective filter, an Eulerian angle is cut into (0, 15 - 23 degrees, and 0), and the aforementioned surface acoustic element is formed on the crystal substrate adjusted so that thickness might be settled in the predetermined frequency temperature-distribution range, and the aforementioned crystal substrate, and excites the Leakey wave to the aforementioned crystal substrate.

[Claim 8] The manufacturing installation of the surface acoustic element characterized by having the chamber which introduces etching gas, the electrode prepared in the aforementioned chamber, RF power supply which impresses RF power to the aforementioned electrode, and RF power control section which controls the power and impression time of the aforementioned RF power supply so that the amount of etching of a crystal substrate is settled in the predetermined frequency temperature-distribution range.

[Claim 9] An Eulerian angle meets in the propagation direction of the surface wave on the main front face of the crystal single crystal of (0, 15 - 23 degrees, and 0). In the manufacture method of a surface acoustic element that at least one pair of IDT electrodes for exciting leak 1 wave spread while emitting energy to the interior of a substrate have been arranged The manufacture method of the surface acoustic element characterized by adjusting the crystal thickness of the forming face of the aforementioned IDT electrode, and the field which counters so that it may fit in the predetermined frequency temperature characteristic.

[Claim 10] The manufacture method of the surface acoustic element characterized by having the process which fixes in a package the crystal substrate in which the Eulerian angle was cut into (0, 15 - 23 degrees, and 0), and the IDT electrode was formed so that the aforementioned IDT electrode may turn to the bottom, and the process which *****s the rear face of the aforementioned crystal substrate so that it

may fit in the predetermined frequency temperature characteristic.

[Claim 11] The manufacture method of the surface acoustic element characterized by having the process which fixes the crystal substrate in which the Eulerian angle was cut into (0, 15 - 23 degrees, and 0), and the IDT electrode was formed in the package in which opening was formed so that the aforementioned IDT electrode may turn to a top, and the process which *****s the rear face of the aforementioned crystal substrate through the aforementioned opening so that it may fit in the predetermined frequency temperature characteristic.

[Claim 12] The manufacture method of the surface acoustic element of a claim 9-11 given in any 1 term that the amount of adjustments of the thickness of the aforementioned crystal substrate is characterized by being $0-1\lambda$.

[Translation done.]

*** NOTICES ***

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2. **** shows the word which can not be translated.

3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[The technical field to which invention belongs] this invention is applied to the VCO in the frequency-selective filter in a cellular phone etc., a key loess entry system, etc., a resonator, etc. about the communication device which used the surface acoustic element and the surface acoustic element, the manufacturing installation of a surface acoustic element, and the manufacture method of a surface acoustic element, and is suitable.

[0002]

[Description of the Prior Art] In the surface acoustic element using the conventional crystal Leakey wave, in order to stabilize the frequency temperature characteristic, a cut angle is set up in 5 minutes 16 degrees, and the method of setting to $H/\lambda = 0.005 \sim 0.001$ is indicated by JP,2-194714,A. Here, H is the thickness of an IDT electrode and λ is IDT wavelength.

[0003] Moreover, in JP,8-17303,B, by embedding an IDT electrode to the interior of crystal, thickness H of an IDT electrode is enlarged and the method of lowering resistance is indicated. Moreover, the method of raising a reflection factor by setting H/λ as the range of 0.01-0.03, and miniaturizing a surface acoustic element by it by setting a cut angle as the range of 16 degrees - 18.50 degrees, while improving the frequency temperature characteristic is indicated by JP,7-183760,A. And although it is unstated, this has the effect which suppresses the increase in resistance.

[0004]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] however -- since crystal Leakey wave velocity is about 3950 m/s when this surface acoustic element is applied not only to hundreds of MHz band but to the frequency of 1GHz or more by the method of JP,2-194714,A -- frequency $F[\text{Hz}] = \text{speed} [\text{m/s}] / \text{wavelength } \lambda [\text{m}]$. By the formula to say, for example, the frequency F is set to $\lambda = 3.95$ micrometers by 1GHz. For this reason, $H/\lambda =$ since it was 0.05, there was a problem that became very thin with $H = 197.5\text{A}$, and resistance became large.

[0005] Moreover, if thickness H of an IDT electrode was too thin, since bonding would not adhere, the process which thickens only the electrode of a bonding position was needed, and there was a problem that a manufacturing process became complicated. Moreover, in JP,8-17303,B, after preparing the groove for embedding an IDT electrode, in order to form an IDT electrode, the process of IDT electrode formation became complicated and there was a problem that the yield fell.

[0006] Moreover, by the method of JP,7-183760,A, it is predicted that the Leakey wave used by the latest-starting-time cut combines with thickness mode as indicated by Jpn.J.Appl.Phys.Vol.35(1996) pp.3002-3005. Since the temperature characteristic changes, it is expected by this combination that the good temperature characteristic is not obtained.

[0007] Then, the 1st purpose of this invention is offering the communication device using the surface acoustic element which can improve easily the frequency temperature characteristic of the surface acoustic element which used the crystal Leakey wave, and the surface acoustic element, the manufacturing installation of a surface acoustic element, and the manufacture method of a surface acoustic element. Moreover, the 2nd purpose of this invention is that a propagation loss and resistance can make it small, and the temperature characteristic also offers the communication device using the surface acoustic element and surface acoustic element using the good crystal Leakey wave, the manufacturing installation of a surface acoustic element, and the manufacture method of a surface acoustic element.

[0008] Moreover, the 3rd purpose of this invention is that can make resistance small and the temperature characteristic also offers the communication device using the surface acoustic element and surface acoustic element using the good crystal Leakey wave, the manufacturing installation of a surface acoustic element, and the manufacture method of a surface acoustic element while enlarging an electromechanical coupling coefficient.

[0009]

[Means for Solving the Problem] In order to solve the technical problem mentioned above, according to the surface acoustic element according to claim 1, an Eulerian angle is cut into $(0, 15 \cdot 23 \text{ degrees}, \text{ and } 0)$, and it is formed on the crystal substrate adjusted so that thickness might be settled in the predetermined frequency temperature-distribution range, and the aforementioned crystal substrate, and is characterized by having the IDT electrode which excites the Leakey wave to the aforementioned crystal substrate.

[0010] The frequency of operation of a surface acoustic element can be raised easily, without being able to adjust the frequency temperature-distribution range only by adjusting the thickness of a crystal substrate by this, and complicating a manufacturing process. Moreover, according to the surface acoustic element according to claim 2, the crystal substrate by which the Eulerian angle $(0\theta, 0)$ was cut into $15 \text{ minutes } [20] < \theta < 16 \text{ degrees}$, and the IDT wavelength λ and thickness H of an IDT electrode are set up so that it may be set to $0.01 < H/\lambda < 0.0055\theta - 0.0725$, and they are characterized by having the IDT electrode which excites the Leakey wave to the aforementioned crystal substrate.

[0011] The frequency of operation of a surface acoustic element can be raised easily, without being able to make a propagation loss and resistance small and complicating a manufacturing process, this securing the good temperature characteristic. Moreover, according to the surface acoustic element according to claim 3, the crystal substrate by which the Eulerian angle $(0\theta, 0)$ was cut into $16 \leq \theta \leq 23 \text{ degrees}$, and the IDT wavelength λ and thickness H of an IDT electrode are set up so that it may be set to $0.01 < H/\lambda$ and $0.0055\theta - 0.08275 < H/\lambda < 0.0055\theta - 0.0725$, and they are characterized by having the IDT electrode which excites the Leakey wave to the aforementioned crystal substrate.

[0012] The frequency of operation of a surface acoustic element can be raised easily, without being able to make resistance small and complicating a manufacturing process, this securing the good temperature characteristic, while enlarging an electromechanical coupling coefficient. Moreover, according to the surface acoustic element according to claim 4, it is characterized by performing adjustment of the thickness of the aforementioned crystal substrate to the forming face of the aforementioned IDT electrode, and all the fields that counter so that it may fit in the predetermined frequency temperature-distribution range.

[0013] Thereby, after forming an IDT electrode in a crystal substrate, the frequency temperature-distribution range of a surface acoustic element can be adjusted only by *****ing the rear face of the crystal substrate. Moreover, according to the surface acoustic element according to claim 5, it is characterized by performing adjustment of the thickness of the aforementioned crystal substrate to the aforementioned crevice so that the crevice which has a larger area than the formation field of the aforementioned IDT electrode may be established in the forming face of the aforementioned IDT electrode, and the field which counters and it may fit in the predetermined frequency temperature-distribution range.

[0014] Thereby, in order to adjust the frequency temperature-distribution range of a surface acoustic element, when *****ing the rear face of a crystal substrate, as an IDT electrode turns to a top, it can mount a surface acoustic element, and becomes possible [connecting a surface acoustic element using wire bonding]. Moreover, according to the surface acoustic element according to claim 6, the amount of adjustments of the thickness of the aforementioned crystal substrate is characterized by being $0-1\lambda$.

[0015] This becomes possible to set the frequency temperature-distribution range of a surface acoustic element as the minimal value only by carrying out specified quantity etching of the rear face of a crystal substrate. Moreover, according to the communication device using the surface acoustic element according to claim 7, a surface acoustic element is used as a frequency-selective filter, an Eulerian angle is cut into $(0, 15 \cdot 23 \text{ degrees}, \text{ and } 0)$, the aforementioned surface acoustic element is formed on the crystal substrate adjusted so that thickness might be settled in the predetermined frequency temperature-distribution range, and the aforementioned crystal substrate, and it is characterized by having the IDT electrode which excites the Leakey wave to the aforementioned crystal substrate.

[0016] While becoming possible to raise frequency selective characteristics easily by this, it becomes possible to correspond to RF-ization of a communication device easily. Moreover, according to the manufacturing installation of a surface acoustic element according to claim 8, it is characterized by having the chamber which introduces etching gas, the electrode prepared in the aforementioned chamber, RF power supply which impresses RF power to the aforementioned electrode, and RF power control section which controls the power and impression time of the aforementioned RF power supply so that the amount of etching of a crystal substrate is settled in the predetermined frequency temperature-distribution range.

[0017] This becomes possible [automating the adjustment process of the thickness of a crystal substrate],

micrometers, it is the range whose temperature is -40-90 degrees C, and to having fitted in the range whose frequency temperature distribution is 80-40ppm, in the case of $t = 400$ -micrometer crystal thickness, it is the range whose temperature is -40-90 degrees C, and it is changed in the range whose frequency temperature distribution is -250-20ppm. For this reason, in this example, the frequency temperature characteristic can be stabilized by setting crystal thickness t to 397-399 micrometers.

[0026] Drawing 3 and 4 are drawings showing the relation of the crystal thickness t of a surface acoustic element and the frequency temperature-distribution range concerning 1 operation gestalt of this invention. In addition, the frequency temperature-distribution range is the difference of the maximum of the frequency temperature distribution of drawing 2, and the minimum value. Moreover, when the IDT wavelength λ of drawing 3 of drawing 1 is 10 micrometers, drawing 4 shows the case where the IDT wavelength λ of drawing 1 is 12.5 micrometers. Moreover, Eulerian angles are (0, 16, 0) also about which IDT wavelength λ .

[0027] In drawing 3 and 4, if crystal thickness t is changed, the minimal value of the frequency temperature-distribution range will appear in every IDT wavelength λ . Namely, in drawing 3, the minimal value appeared for every IDT wavelength of $\lambda = 10$ micrometers, and the minimal value has appeared for every IDT wavelength of $\lambda = 12.5$ micrometers in drawing 4. Thereby, the frequency temperature-distribution range can be adjusted to the minimal value by setting up the amount of adjustments of crystal thickness t between 0.1λ to the IDT wavelength λ . In addition, since the minimal value of the frequency temperature-distribution range appears in every IDT wavelength λ , it may perform the amount of adjustments of crystal thickness t between $x(n-1)\lambda$ to $n\lambda$ (n : integer).

[0028] Here, let the minimal value of the frequency temperature characteristic variation obtained by adjusting crystal thickness t be the minimum value in the range with which the relation between H/λ and θ is filled. That is, without making thickness H of the IDT electrode 2 extremely thin by adjusting crystal thickness t , H/λ , and θ , operation of 1GHz or more is enabled and the highly precise frequency temperature characteristic can be obtained easily.

[0029] Thus, according to the 1st operation gestalt mentioned above, suppressing increase of the resistance of the IDT electrode 2, it can manufacture by the high yield and the surface acoustic wave using the good crystal Leakey wave of the frequency temperature characteristic can be offered. Drawing 5 (a) is the cross section showing the outline composition of the surface acoustic element concerning the 2nd operation gestalt of this invention. In drawing 5 (a), the crystal substrate 11 in which the IDT electrode 12 was formed has pasted the ceramic package 14 through adhesives 13, as the IDT electrode 12 turned to the bottom. Here, by performing plasma etching using for example, fluorine gas, thickness t of the crystal substrate 11 is adjusted so that it may ***** and the forming face of the IDT electrode 12 and the field BS which counters may become the predetermined frequency temperature characteristic.

[0030] For example, when setting the predetermined frequency temperature characteristic as the frequency temperature characteristic with a crystal thickness [of drawing 2] of $t = 397$ micrometers, the surface acoustic element of crystal thickness t which applied the thickness in consideration of the variation in crystal thickness to 397 micrometers is created. And after pasting up this surface acoustic element on a ceramic package 14, plasma etching is performed so that crystal thickness t may be set to 397 micrometers.

[0031] In addition, before pasting up the crystal substrate 11 on a ceramic package 14, you may adjust crystal thickness t of the crystal substrate 11. Moreover, in this case, the forming face of the IDT electrode 12 can be turned up, and a ceramic package 14 can be pasted so that adhesives 13 may not exist in the lower part of the IDT electrode 12. Drawing 5 (b) is the cross section showing the outline composition of the surface acoustic element concerning the 3rd operation gestalt of this invention. In drawing 5 (b), the crystal substrate 21 in which the IDT electrode 22 was formed has pasted the ceramic package 26 through adhesives 24, as the IDT electrode 22 turned to the top. Moreover, the electrode of the crystal substrate 21 is connected with the electrode of a ceramic package 26 through the bonding wire 25.

[0032] Here, a crevice 23 is formed in the rear face of the crystal substrate 21, and thickness t of the crystal substrate 21 in this crevice 23 is set to it so that it may become the predetermined frequency temperature characteristic so that it may correspond to the formation range of the IDT electrode 22 at least. Moreover, opening 27 is formed in the ceramic package 26 so that it may correspond to the crevice 23 of the crystal substrate 21. And thickness t of the crystal substrate 21 of a crevice 23 can be adjusted after pasting up the crystal substrate 21 on a ceramic package 26 by etching the rear face of the crystal substrate 21 through this opening 27.

[0033] While this becomes possible to perform wirebonding to the forming face of the IDT electrode 22, adhesives 24 and the field which counters the IDT electrode 22 are certainly separable. In addition, before pasting up the crystal substrate 21 on a ceramic package 26 by the binder 24, you may adjust thickness t

and it becomes possible to raise a throughput. moreover -- according to the manufacture method of a surface acoustic element according to claim 9 -- an Eulerian angle (0 -- 15 to 23 degrees) In the manufacture method of a surface acoustic element that at least one pair of IDT electrodes for exciting leak 1 wave spread while emitting energy to the interior of a substrate along the propagation direction of the surface wave on the main front face of the crystal single crystal of 0) have been arranged It is characterized by adjusting the crystal thickness of the forming face of the aforementioned IDT electrode, and the field which counters so that it may fit in the predetermined frequency temperature characteristic.

[0018] The frequency of operation of a surface acoustic element can be raised easily, without being able to adjust the frequency temperature-distribution range only by adjusting the thickness of a crystal substrate by this, and complicating a manufacturing process. Moreover, according to the manufacture method of a surface acoustic element according to claim 10, an Eulerian angle is cut into (0, 15 - 23 degrees, and 0), and it is characterized by having the process which fixes in a package the crystal substrate in which the IDT electrode was formed so that the aforementioned IDT electrode may turn to the bottom, and the process which *****s the rear face of the aforementioned crystal substrate so that it may fit in the predetermined frequency temperature characteristic.

[0019] After this mounts the crystal substrate in which the IDT electrode was formed on a package, the frequency temperature-distribution range of a surface acoustic element can be adjusted only by *****ing the rear face of the crystal substrate. Moreover, it is characterized by having the process which fixes the crystal substrate in which the Eulerian angle was cut into (0, 15 - 23 degrees, and 0) according to the manufacture method of a surface acoustic element according to claim 11, and the IDT electrode was formed in the package in which opening was formed so that the aforementioned IDT electrode may turn to a top, and the process which *****s the rear face of the aforementioned crystal substrate through the aforementioned opening so that it may fit in the predetermined frequency temperature characteristic.

[0020] The frequency temperature-distribution range of a surface acoustic element can be adjusted being able to adjust the thickness of the rear face of a crystal substrate and making wire bonding possible, when it mounts a surface acoustic element on a package by this, as the IDT electrode turned to the top. Moreover, according to the manufacture method of a surface acoustic element according to claim 12, the amount of adjustments of the thickness of the aforementioned crystal substrate is characterized by being $0-11\lambda$.

[0021] This becomes possible to set the frequency temperature-distribution range of a surface acoustic element as the minimal value only by carrying out specified quantity etching of the rear face of a crystal substrate.

[0022]

[Embodiments of the Invention] It explains referring to a drawing about the surface acoustic element concerning the operation gestalt of this invention hereafter. The perspective diagram showing the outline composition of the surface acoustic element which drawing 1 (a) requires for the 1st operation gestalt of this invention, and drawing 1 (b) are the cross sections cut by the A-A line of drawing 1 (a). In drawing 1, the IDT electrode 2 and the reflector electrodes 3a and 3b are formed on the main front face of the crystal substrate 1. In addition, for t, the thickness of the crystal substrate 1 and P are [IDT wavelength and H of the pitch of the IDT electrode 2 and λ] the thickness of the IDT electrode 2. Here, the IDT wavelength λ serves as double precision of the pitch P of the IDT electrode 2.

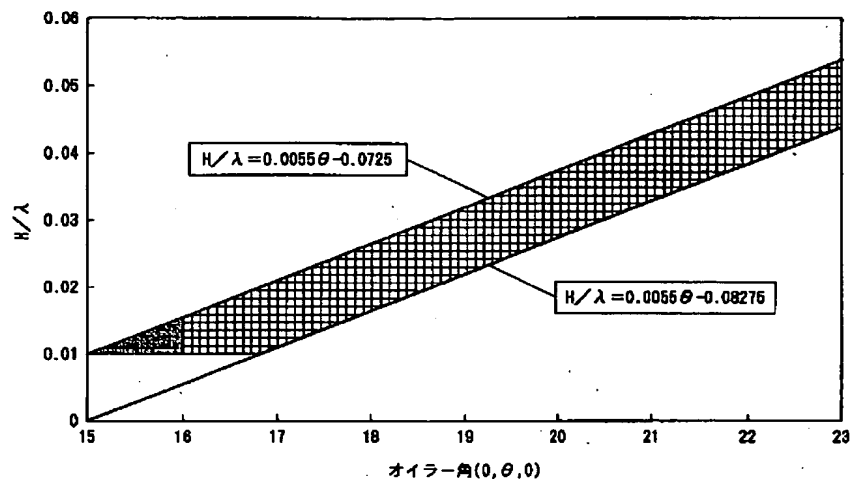
[0023] Moreover, this crystal substrate 1 is started so that an Eulerian angle may be set to (0, $\theta=15-23$ degrees, and 0). Here, thickness t of the crystal substrate 1 is adjusted so that the frequency temperature characteristic may be stabilized. Namely, usually, although the 2nd page of an IDT electrode and the field BS which counters are used as an adhesion side to a package, it *****s this opposed face BS if needed, and it adjusts the thickness of the crystal substrate 1 for every chip so that the frequency temperature characteristic may be stabilized.

[0024] You may perform adjustment of the thickness of the crystal substrate 1 to the crystal substrate 1 whole, and may be made to perform it here by limiting to the range of the IDT electrode 2 which influences the temperature characteristic of the Leakey wave. Drawing 2 is drawing showing the relation of the crystal thickness t of a surface acoustic element and the frequency temperature distribution concerning the 1st operation gestalt of this invention. In addition, in this example, it was referred to as an Eulerian angle (0, 16, 0) and $H/\lambda=0.0101$, and the case of the crystal thickness of $t=397$ micrometers, 398 micrometers, 399 micrometers, and 400 micrometers was shown. Moreover, it is the value which standardized the frequency F in each temperature as frequency [temperature-distribution ppm] $= (F-F_0)/F_0 \times 10^6$ the frequency temperature distribution in drawing 2, and on the basis of the frequency F_0 in 25 degrees C.

[0025] In drawing 2, in the case of the crystal thickness of $t=397$ micrometers, 398 micrometers, and 399

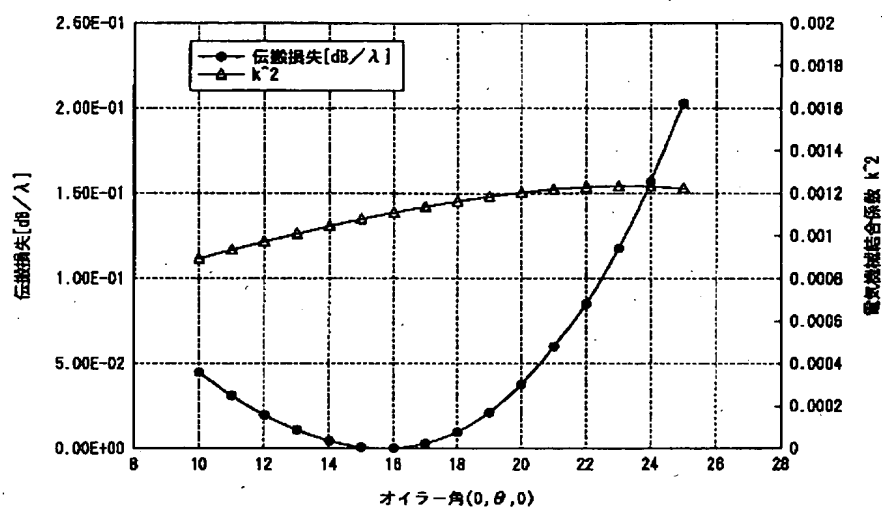
(12)

【図 12】

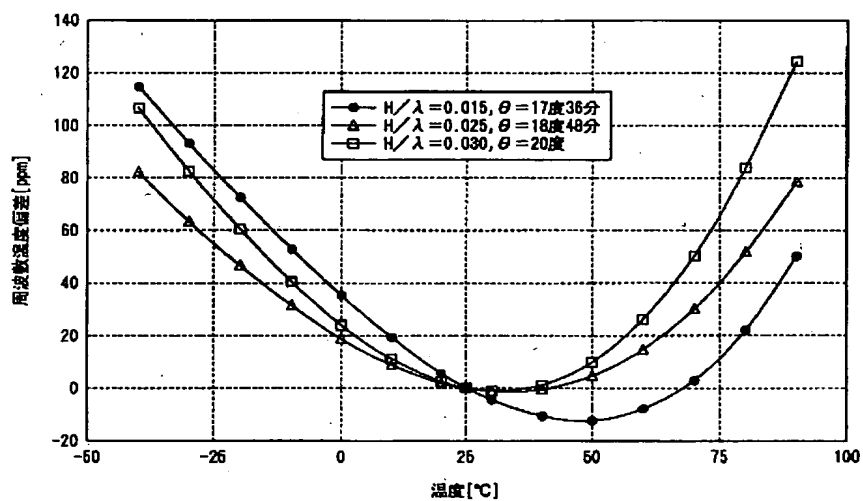


(11)

【図10】

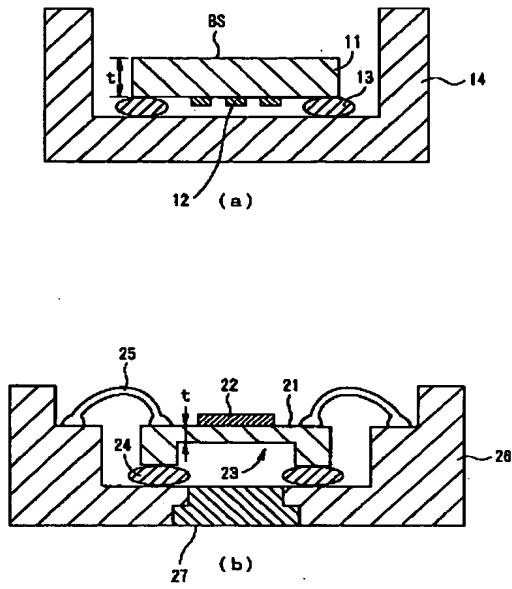


【図11】

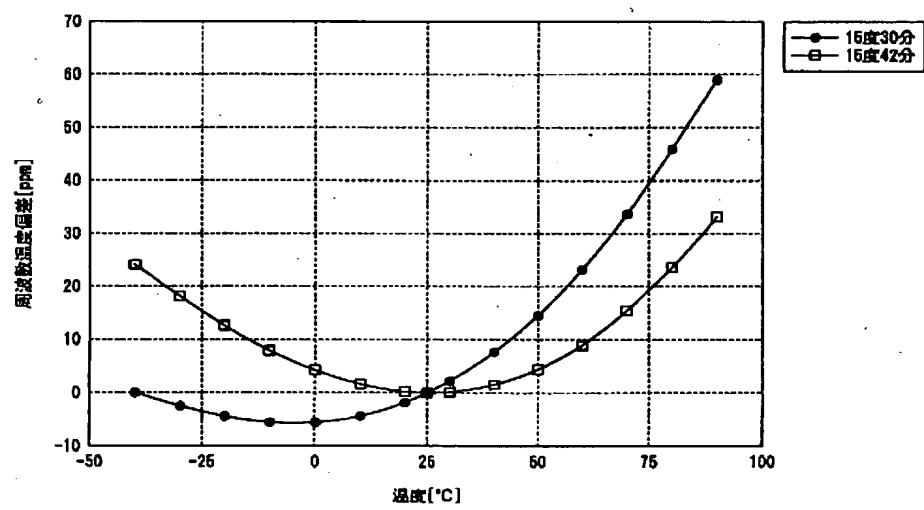


(10)

【図 5】

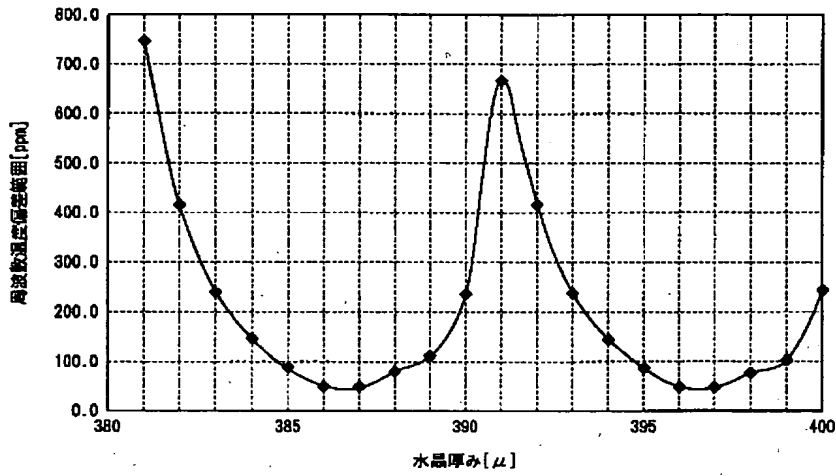


【図 9】

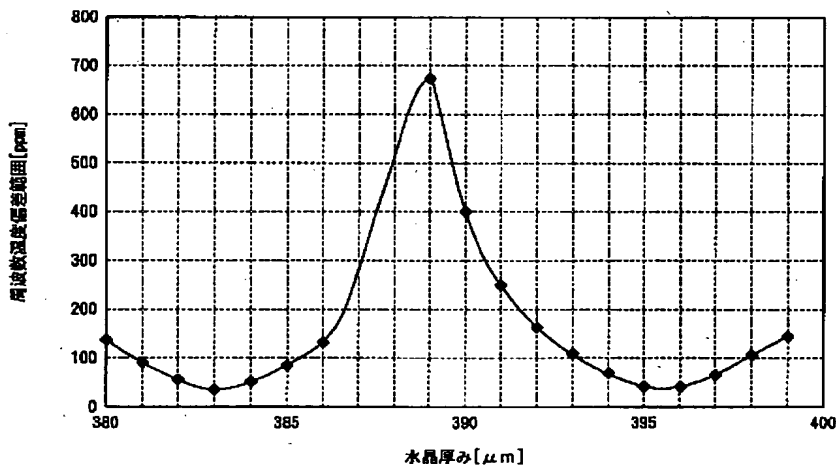


(9)

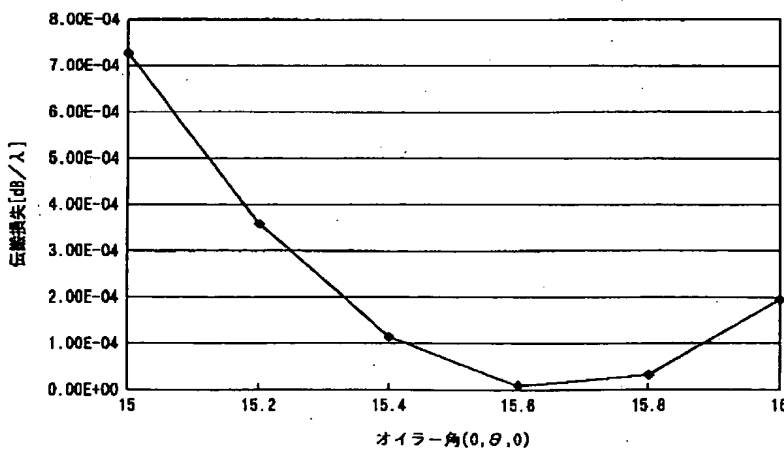
【図3】



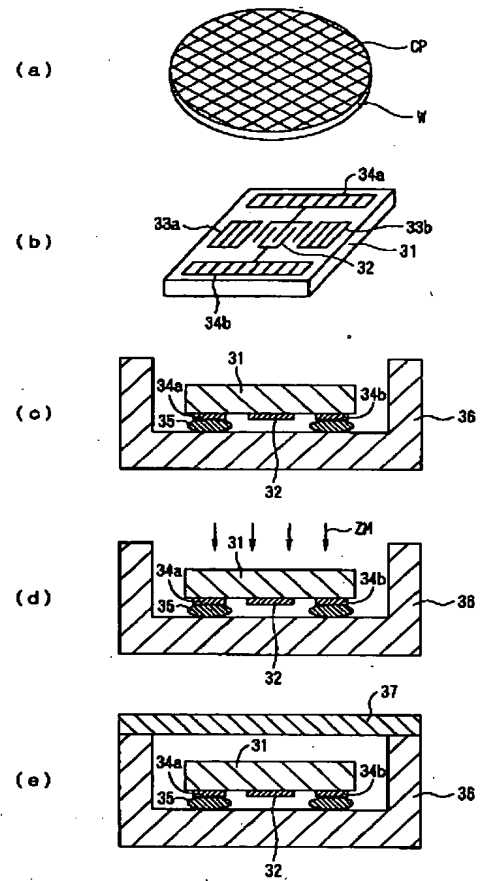
【図4】



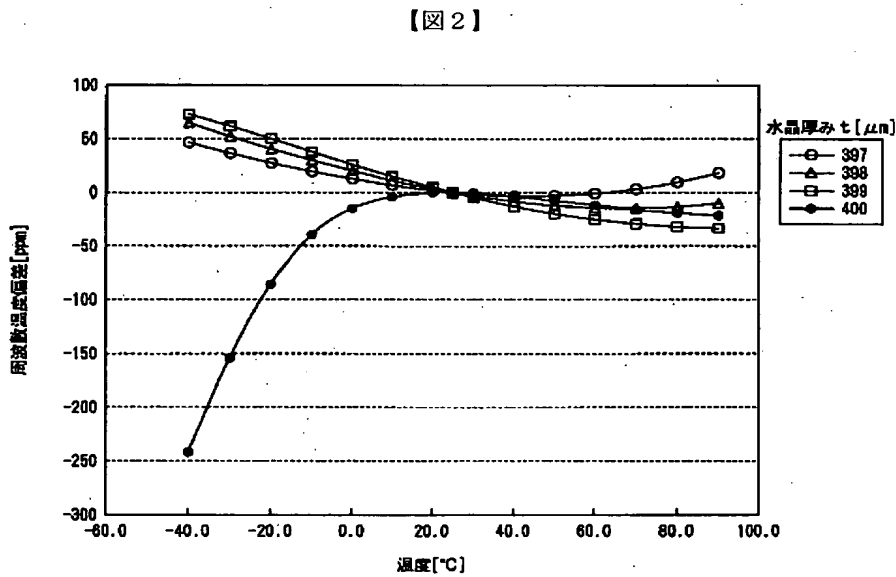
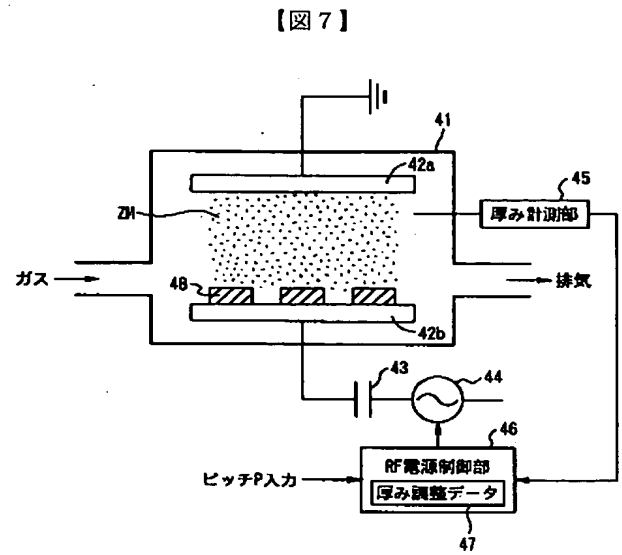
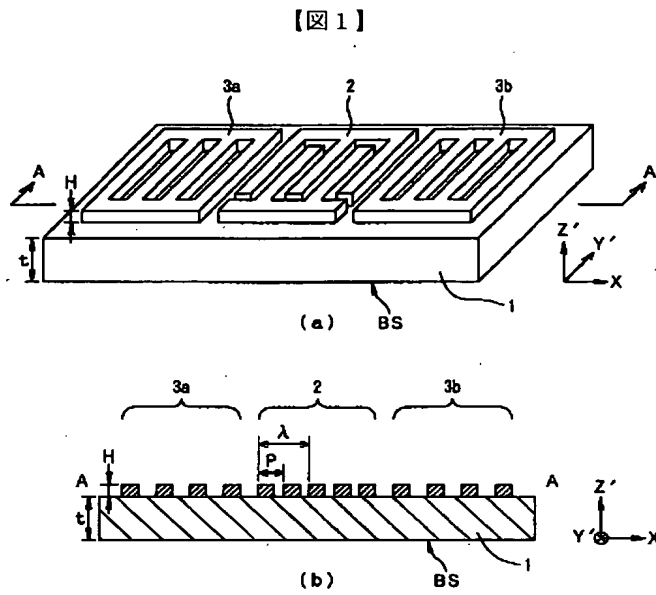
【図8】



【図6】



(8)



(7)

11

で伝搬路を小さくし、伝搬損失の増加の影響を小さくできる。

【0049】しかし、伝搬損失の増加は、リーキー波の伝搬に伴いバルク放射が大きくなることも意味する。バルク放射が大きくなると、厚みモードとの結合が無視できなくなることが予測され、良好な温度特性を得るには、水晶厚みの調整を行うことが好ましい。図11は、本発明の第6実施形態に係る弾性表面波素子の温度と周波数温度偏差との関係の一例を示す図である。図11において、良好な温度特性が得られるように、水晶厚みを調整すると、 $H/\lambda = 0.015$ かつ $\theta = 17$ 度36分、 $H/\lambda = 0.025$ かつ $\theta = 18$ 度48分、 $H/\lambda = 0.030$ かつ $\theta = 20$ 度のいずれにおいても、周波数温度偏差範囲を140ppm以下とすることができ、STカットより良好な温度特性が得ることができる。

【0050】さらに検討した結果、 $16 \text{度} \leq \theta \leq 23 \text{度}$ の範囲では、図12に示すように、 H/λ が、 $0.0055 \leq \theta < 0.08275$ 、 $0.0055 \leq \theta < 0.0725$ 、かつ、 $0.01 < H/\lambda$ の範囲であれば、STカットの周波数温度特性よりも優れていることが確認された。このように、上述した第6実施形態によれば、電気機械結合係数を大きくすることが可能となるとともに、 H/λ を大きくして反射係数を大きくし、伝搬路を小さくすることにより、伝搬損失の増加の影響を小さくすることができ、帯域幅が大きく、良好な周波数温度特性を有する水晶リーキー波を利用した弾性表面波を提供することができる。

【0051】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、水晶基板の厚みを調整するだけで、周波数温度偏差範囲を調整することができ、製造工程を複雑化することなく、弾性表面波素子の動作周波数を容易に向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】図1(a)は、本発明の第1実施形態に係る弾性表面波素子の概略構成を示す斜視図、図1(b)は図1(a)のA-A線で切断した断面図である。

【図2】本発明の第1実施形態に係る弾性表面波素子の水晶厚み t と周波数温度偏差との関係を示す図である。

【図3】本発明の一実施形態に係る弾性表面波素子の水晶厚み t と周波数温度偏差範囲との関係を示す図である。

【図4】本発明の一実施形態に係る弾性表面波素子の水

12

晶厚み t と周波数温度偏差範囲との関係を示す図である。

【図5】図5(a)は、本発明の第2実施形態に係る弾性表面波素子の概略構成を示す断面図、図5(b)は、本発明の第3実施形態に係る弾性表面波素子の概略構成を示す断面図である。

【図6】本発明の第2実施形態に係る弾性表面波素子の製造工程を示す斜視図および断面図である。

【図7】本発明の第4実施形態に係る弾性表面波素子の製造装置の概略構成を示すブロック図である。

【図8】本発明の第5実施形態に係る弾性表面波素子のオイラー角と伝搬損失との関係を示す図である。

【図9】本発明の第5実施形態に係る弾性表面波素子の温度と周波数温度偏差との関係の一例を示す図である。

【図10】本発明の第6実施形態に係る弾性表面波素子のオイラー角と伝搬損失との関係を示す図である。

【図11】本発明の第6実施形態に係る弾性表面波素子の温度と周波数温度偏差との関係の一例を示す図である。

【図12】本発明の第6実施形態に係る弾性表面波素子のオイラー角と H/λ との関係を示す図である。

【符号の説明】

- 1、11、21、31 水晶基板
- 2、12、22、32 IDT電極
- 3a、3b、33a、33b 反射器電極
- 13、24、35 接着層
- 14、26、36 セラミックパッケージ
- 23 凹部
- 25 ボンディングワイヤ
- 27 開口部
- W 水晶ウェハ
- CP チップ
- 34a、34b 引き出し電極
- 37 蓋
- 41 チャンバ
- 42a 上部電極
- 42b 下部電極
- 43 コンデンサ
- 44 RF電源
- 45 厚み計測部
- 46 RF電源制御部
- 47 厚み調整データ

9

素子を封止する。

【0037】図7は、本発明の第4実施形態に係る弾性表面波素子の製造装置の概略構成を示すブロック図である。図7において、チャンバ41内には、上部電極42aおよび下部電極42bが設けられ、上部電極42aは接地されるとともに、下部電極42bはコンデンサ43を介してRF電源44に接続されている。ここで、下部電極42bには、処理対象となる試料48が載置される。

【0038】チャンバ41には、試料48の水晶基板の厚み t を計測する厚み計測部45が設けられるとともに、RF電源44はRF電源制御部46に接続されている。ここで、RF電源制御部46には、厚み調整データ47が設けられ、RF電源制御部46は、厚み調整データ47を参照し、厚み計測部45の計測結果が所定の厚みとなるように、RF電源44のパワーや印加時間を制御する。ここで、厚み調整データ47として、例えば、図3、4に示すようなデータを登録することができる。

【0039】弾性表面波素子の周波数温度特性を調整する場合、例えば、図6(c)の工程の弾性表面波素子を試料48として下部電極42b上に載置し、RF電源制御部46に弾性表面波素子のIDT電極のピッチ P を入力する。そして、チャンバ41内の排気を行いつつ、フッ素ガスなどのエッチングガスをチャンバ41内に導入し、下部電極42bのRFパワーを印加する。

【0040】RF電源制御部46は、下部電極42bにRFパワーを印加すると、厚み計測部45からの計測結果を厚み調整データ47と比較する。そして、水晶基板の厚み t が、周波数温度偏差範囲の極小値に達すると、RFパワーの印加を停止する。図8は、本発明の第5実施形態に係る弾性表面波素子のオイラー角と伝搬損失との関係を示す図である。なお、この第5実施形態は、オイラー角 θ を $15^\circ 20' < \theta < 16^\circ$ の範囲に設定することにより、水晶リーキー波の伝搬損失を低減するとともに、 H/λ を $0.01 < H/\lambda < 0.0055\theta - 0.0725$ の範囲に設定することにより、温度特性を損なうことなく、IDT電極の厚みを大きくできるようにしたものである。

【0041】図8において、伝搬損失が最少になるオイラー角 θ が約 $15^\circ 40'$ となり、カット時のオイラー角 θ のバラツキとして20分を考慮すると、 $15^\circ 20' < \theta < 16^\circ$ の範囲が最も伝搬損失が小さい範囲となる。このように、伝搬損失が小さい場合には、バルク放射が小さくなり、水晶厚みを調整することなく、良好な温度特性を得ることができる。

【0042】一方、伝搬損失が大きくなると、バルク放射が大きくなるため、良好な温度特性を得るために、水晶厚みの調整を行うようにしてもよい。図9は、本発明の第5実施形態に係る弾性表面波素子の温度と周波数温度偏差との関係の一例を示す図である。ここで、 H/λ

(6)

10

$= 0.011$ とした。図9において、 $\theta = 15^\circ 30'$ および $\theta = 15^\circ 42'$ のいずれにおいても、周波数温度偏差は、 $-40 \sim 90^\circ\text{C}$ の範囲において、 $-10 \sim 60 \text{ ppm}$ の範囲に収まっている。

【0043】一方、STカットの周波数温度偏差範囲は、 $-40 \sim 90^\circ\text{C}$ では、約 140 ppm であり、図9の結果は、STカットより良好な温度特性を示す。さらに検討した結果、 $15^\circ 20' < \theta < 16^\circ$ では、 $0.01 < H/\lambda < 0.0055\theta - 0.0725$ の範囲であれば、STカットの周波数温度特性よりも優れていることが確認された。

【0044】また、 $15^\circ 20' < \theta < 16^\circ$ であっても、伝搬損失はゼロではないため、厚みモードとの結合は僅かではあるが存在する。従って、この場合であっても、水晶厚みを調整することにより、周波数温度偏差範囲をさらに改善することができる。このように、上述した第5実施形態によれば、高周波に対応可能で、伝搬損失が小さく、 H/λ が大きく、周波数温度特性が良好な水晶リーキー波を利用した弾性表面波を提供することができる。

【0045】図10は、本発明の第6実施形態に係る弾性表面波素子のオイラー角と伝搬損失との関係を示す図である。なお、この第6実施形態は、オイラー角 θ を $16^\circ \leq \theta \leq 23^\circ$ の範囲に設定することにより、電気機械結合係数を増大させるとともに、 H/λ を $0.0055\theta - 0.08275 < H/\lambda < 0.0055\theta - 0.0725$ 、かつ、 $0.01 < H/\lambda$ の範囲に設定することにより、温度特性を損なうことなく、IDT電極の厚みを大きくできるようにしたものである。

【0046】図10において、オイラー角 $(0, \theta, 0)$ とした場合、 θ が 16° 以上では伝搬損失は単調に増加し、電気機械結合係数は、 $\theta = 23^\circ$ まで増加する。一方、 $\theta > 23^\circ$ では、電気機械結合係数が減少し、伝搬損失はさらに増加する。このため、 $\theta > 23^\circ$ では、弾性表面波素子としての利点は少なく、伝搬損失の増加を許容しつつ、電気機械結合係数を大きくするためには、 $\theta \leq 23^\circ$ であることが望ましい。

【0047】ここで、電気機械結合係数が大きいと、弾性表面波素子を用いた発振回路では、周波数可変幅が大きくなることができ、フィルタとして用いた場合には、帯域幅を大きくすることができる。一方、 H/λ が小さいと、電極における反射係数が小さくなり、十分な反射量を確保するには、多くの電極本数が必要となる。 $\theta \geq 16^\circ$ では、伝搬損失が増加するため、伝搬路を可能な限り小さくすることが重要となる。

【0048】そのためには、電極における反射係数を大きくして、少ない電極本数で十分な反射量を確保することが必要となり、 H/λ を大きくする必要がある。すなわち、 $16^\circ \leq \theta \leq 23^\circ$ では、電気機械結合係数を大きくできるという利点があり、 H/λ を大きくすること

7

とすることにより、周波数温度特性を安定化させることができる。

【0026】図3、4は、本発明の一実施形態に係る弾性表面波素子の水晶厚み t と周波数温度偏差範囲との関係を示す図である。なお、周波数温度偏差範囲は、図2の周波数温度偏差の最大値と最小値の差である。また、図3は、図1のIDT波長 λ が $10\mu\text{m}$ の場合、図4は、図1のIDT波長 λ が $12.5\mu\text{m}$ の場合を示す。また、オイラー角は、いずれのIDT波長 λ についても、 $(0, 16, 0)$ である。

【0027】図3、4において、水晶厚み t を変化させると、IDT波長 λ ごとに、周波数温度偏差範囲の極小値が現れる。すなわち、図3では、IDT波長 $\lambda=10\mu\text{m}$ ごとに極小値が現れ、図4では、IDT波長 $\lambda=12.5\mu\text{m}$ ごとに極小値が現れている。これにより、水晶厚み t の調整量をIDT波長 λ に対して、 $0\sim 1\lambda$ の間に設定することで、周波数温度偏差範囲を極小値に調整することができる。なお、周波数温度偏差範囲の極小値は、IDT波長 λ ごとに現れるため、水晶厚み t の調整量を $(n-1)\times\lambda\sim n\times\lambda$ (n : 整数)の間で行ってもよい。

【0028】ここで、水晶厚み t を調整することで得られる周波数温度特性変化量の極小値は、 H/λ と θ の関係を満たす範囲において最少値とすることができる。すなわち、水晶厚み t と H/λ と θ とを調整することにより、IDT電極2の厚み H を極端に薄くすることなく、 1GHz 以上の動作を可能とし、高精度な周波数温度特性を容易に得ることができる。

【0029】このように、上述した第1実施形態によれば、IDT電極2の抵抗値の増大を抑制しつつ、高い歩留まりで製造でき、周波数温度特性の良好な水晶リーキー波を利用した弾性表面波を提供することができる。図5(a)は、本発明の第2実施形態に係る弾性表面波素子の概略構成を示す断面図である。図5(a)において、IDT電極12が形成された水晶基板11が、IDT電極12が下を向くようにして、接着剤13を介してセラミックパッケージ14に接着されている。ここで、例えば、フッ素ガスを利用したプラズマエッチングを行うことにより、IDT電極12の形成面と対向する面BSがエッチングされ、所定の周波数温度特性になるように、水晶基板11の厚み t が調整されている。

【0030】例えば、所定の周波数温度特性を図2の水晶厚み $t=397\mu\text{m}$ の周波数温度特性に設定する場合、 $397\mu\text{m}$ に水晶厚みのバラツキを考慮した厚みを加えた水晶厚さ t の弾性表面波素子を作成する。そして、この弾性表面波素子をセラミックパッケージ14に接着した後、水晶厚み t が $397\mu\text{m}$ になるように、プラズマエッチングを行う。

【0031】なお、水晶基板11をセラミックパッケージ14に接着する前に、水晶基板11の水晶厚み t を調

(5)

8

整してもよい。また、この場合には、IDT電極12の形成面を上にし、接着剤13がIDT電極12の下部に存在しないように、セラミックパッケージ14に接着することができる。図5(b)は、本発明の第3実施形態に係る弾性表面波素子の概略構成を示す断面図である。図5(b)において、IDT電極22が形成された水晶基板21が、IDT電極22が上を向くようにして、接着剤24を介してセラミックパッケージ26に接着されている。また、水晶基板21の電極は、ボンディングワイヤ25を介してセラミックパッケージ26の電極と接続されている。

【0032】ここで、水晶基板21の裏面には、少なくともIDT電極22の形成範囲に対応するように、凹部23が形成され、この凹部23における水晶基板21の厚み t は、所定の周波数温度特性になるように設定されている。また、セラミックパッケージ26には、水晶基板21の凹部23に対応するように、開口部27が設けられている。そして、水晶基板21をセラミックパッケージ26に接着後、この開口部27を介して水晶基板21の裏面のエッチングを行うことにより、凹部23の水晶基板21の厚み t を調整することができる。

【0033】これにより、IDT電極22の形成面にワイヤボンディングを行うことが可能となるとともに、接着剤24とIDT電極22に対向する面とを確実に分離することができる。なお、水晶基板21をセラミックパッケージ26に接着材24にて接着する前に、水晶基板21の裏面から厚み t の調整を行ってもよい。この場合、セラミックパッケージ26の開口部27はなくてもよい。

【0034】図6は、本発明の第2実施形態に係る弾性表面波素子の製造工程を示す斜視図および断面図である。図6(a)において、水晶ウェハWに対して、弾性表面波素子が形成されると、この水晶ウェハWのダイシングを行うことにより、弾性表面波素子をチップCPとして切り出す。

【0035】この結果、図6(b)の弾性表面波素子が形成されたチップCPが得られる。ここで、図6(b)の弾性表面波素子には、IDT電極32、反射器電極33a、33bおよび引き出し電極34a、34bが、水晶基板31上に形成されている。次に、図6(c)に示すように、IDT電極32が下を向くようにして、図6(b)の水晶基板31を接着剤34を介してセラミックパッケージ36に接着する。

【0036】次に、図6(d)に示すように、図6(b)の水晶基板31がセラミックパッケージ36に接着された状態で、水晶基板31の裏面にプラズマエッチングZMを行うことにより、所定の周波数温度特性が得られるように、水晶基板31の厚み t を調整する。次に、図6(e)に示すように、セラミックパッケージ36に蓋37をすることにより、図6(b)の弾性表面波

5

囲を極小値に設定することが可能となる。また、請求項7記載の弾性表面波素子を用いた通信装置によれば、弾性表面波素子が周波数選択フィルタとして用いられ、前記弾性表面波素子は、オイラー角が(0、15～23度、0)にカットされ、厚みが所定の周波数温度偏差範囲に収まるように調整された水晶基板と、前記水晶基板上に形成され、前記水晶基板にリーキー波を励振するIDT電極とを備えることを特徴とする。

【0016】これにより、周波数選択特性を容易に向上させることが可能となるとともに、通信装置の高周波化に容易に対応することが可能となる。また、請求項8記載の弾性表面波素子の製造装置によれば、エッチングガスを導入するチャンバと、前記チャンバ内に設けられた電極と、前記電極にRFパワーを印加するRF電源と、水晶基板のエッチング量が所定の周波数温度偏差範囲に収まるように、前記RF電源のパワーおよび印加時間を制御するRF電源制御部とを備えることを特徴とする。

【0017】これにより、水晶基板の厚みの調整工程を自動化することが可能となり、スループットを向上させることが可能となる。また、請求項9記載の弾性表面波素子の製造方法によれば、オイラー角が(0、15～23度、0)の水晶単結晶の主表面上の表面波の伝搬方向に沿って、基板内部にエネルギーを放射しながら伝搬するリーキー波を励振するための少なくとも1対のIDT電極が配置された弾性表面波素子の製造方法において、所定の周波数温度特性に収まるように、前記IDT電極の形成面と対向する面の水晶厚みを調整することを特徴とする。

【0018】これにより、水晶基板の厚みを調整するだけで、周波数温度偏差範囲を調整することができ、製造工程を複雑化することなく、弾性表面波素子の動作周波数を容易に向上させることができる。また、請求項10記載の弾性表面波素子の製造方法によれば、オイラー角が(0、15～23度、0)にカットされ、IDT電極が形成された水晶基板を、前記IDT電極が下を向くように、パッケージに固着する工程と、所定の周波数温度特性に収まるように、前記水晶基板の裏面をエッチングする工程とを備えることを特徴とする。

【0019】これにより、IDT電極の形成された水晶基板をパッケージにマウントした後、その水晶基板の裏面をエッチングするだけで、弾性表面波素子の周波数温度偏差範囲を調整することができる。また、請求項11記載の弾性表面波素子の製造方法によれば、オイラー角が(0、15～23度、0)にカットされ、IDT電極が形成された水晶基板を、前記IDT電極が上を向くように、開口部が形成されたパッケージに固着する工程と、所定の周波数温度特性に収まるように、前記開口部を介して前記水晶基板の裏面をエッチングする工程とを備えることを特徴とする。

【0020】これにより、IDT電極が上を向くように

(4)

6

して弾性表面波素子をパッケージにマウントした場合においても、水晶基板の裏面の厚みを調整することができ、ワイヤーボンディングを可能としつつ、弾性表面波素子の周波数温度偏差範囲を調整することができる。また、請求項12記載の弾性表面波素子の製造方法によれば、前記水晶基板の厚みの調整量が、0～1λであることを特徴とする。

【0021】これにより、水晶基板の裏面を所定量エッチングするだけで、弾性表面波素子の周波数温度偏差範囲を極小値に設定することが可能となる。

【0022】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施形態に係る弾性表面波素子について図面を参照しながら説明する。図1(a)は、本発明の第1実施形態に係る弾性表面波素子の概略構成を示す斜視図、図1(b)は図1(a)のA-A線で切断した断面図である。図1において、水晶基板1の主表面上には、IDT電極2および反射器電極3a、3bが形成されている。なお、tは水晶基板1の厚み、PはIDT電極2のピッチ、λはIDT波長、HはIDT電極2の厚みである。ここで、IDT波長λは、IDT電極2のピッチPの2倍となる。

【0023】また、この水晶基板1は、オイラー角が(0、θ=15～23度、0)となるように切り出されている。ここで、水晶基板1の厚みtは、周波数温度特性が安定するように調整されている。すなわち、IDT電極2面と対向する面BSは、通常、パッケージへの接着面として利用されるが、この対向面BSを必要に応じてエッチングし、周波数温度特性が安定するように、水晶基板1の厚みをチップごとに調整する。

【0024】ここで、水晶基板1の厚みの調整は、水晶基板1全体に対して行ってもよく、リーキー波の温度特性を左右するIDT電極2の範囲に限定して行うようにしてもよい。図2は、本発明の第1実施形態に係る弾性表面波素子の水晶厚みtと周波数温度偏差との関係を示す図である。なお、この実施例では、オイラー角(0、16、0)、 $H/\lambda=0.0101$ とし、水晶厚みt=397μm、398μm、399μm、400μmの場合について示した。また、図2における周波数温度偏差と、25℃における周波数F0を基準にして、各温度における周波数Fを、

周波数温度偏差 [ppm] = $(F - F_0) / F_0 \times 10^6$

として規格化した値である。

【0025】図2において、水晶厚みt=397μm、398μm、399μmの場合は、温度が-40～90℃の範囲で、周波数温度偏差が80～-40ppmの範囲に収まっているのに対し、水晶厚みt=400μmの場合は、温度が-40～90℃の範囲で、周波数温度偏差が-250～-20ppmの範囲を変動する。このため、この実施例では、水晶厚みtを397～399μm

3

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、特開平2-194714号公報の方法では、この弾性表面波素子を、数百MHz帯のみではなく、1GHz以上の周波数にも適用すると、水晶リーキー波の速度が約3950 m/sであるから、

周波数F [Hz] = 速度 [m/s] / 波長λ [m]

という計算式により、例えば、周波数Fが1GHzでは、 $\lambda = 3.95 \mu\text{m}$ となる。このため、 $H/\lambda = 0.05$ であるから、 $H = 197.5$ オングストロームと非常に薄くなり、抵抗値が大きくなるという問題があった。

【0005】また、IDT電極の厚みHが薄すぎると、ボンディングが付着しないため、ボンディング位置の電極のみを厚くする工程が必要となり、製造工程が複雑になるという問題があった。また、特公平8-17303号公報では、IDT電極を埋め込むためのグループを設けた後に、IDT電極を形成するため、IDT電極形成の工程が複雑になり、歩留まりが低下するという問題があった。

【0006】また、特開平7-183760号公報の方法では、Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 35 (1996) pp. 3002-3005に記載されているように、LSTカットで利用しているリーキー波は、厚みモードと結合することが予測されている。この結合により、温度特性が変化するため、良好な温度特性が得られないことが予想される。

【0007】そこで、本発明の第1の目的は、水晶リーキー波を用いた弾性表面波素子の周波数温度特性を容易に改善することが可能な弾性表面波素子、弾性表面波素子を用いた通信装置、弾性表面波素子の製造装置および弾性表面波素子の製造方法を提供することである。また、本発明の第2の目的は、伝搬損失及び抵抗値が小さくことができ、温度特性も良好な水晶リーキー波を用いた弾性表面波素子、弾性表面波素子を用いた通信装置、弾性表面波素子の製造装置および弾性表面波素子の製造方法を提供することである。

【0008】また、本発明の第3の目的は、電気機械結合係数を大きくするとともに、抵抗値を小さくことができ、温度特性も良好な水晶リーキー波を用いた弾性表面波素子、弾性表面波素子を用いた通信装置、弾性表面波素子の製造装置および弾性表面波素子の製造方法を提供することである。

【0009】

【課題を解決するための手段】上述した課題を解決するために、請求項1記載の弾性表面波素子によれば、オイラー角が(0、15~23度、0)にカットされ、厚みが所定の周波数温度偏差範囲に収まるように調整された水晶基板と、前記水晶基板上に形成され、前記水晶基板にリーキー波を励振するIDT電極とを備えることを特

(3)

4

徴とする。

【0010】これにより、水晶基板の厚みを調整するだけで、周波数温度偏差範囲を調整することができ、製造工程を複雑化することなく、弾性表面波素子の動作周波数を容易に向上させることができる。また、請求項2記載の弾性表面波素子によれば、オイラー角(0、θ、0)が15度20分<θ<16度にカットされた水晶基板と、IDT波長λとIDT電極の厚みHとが、 $0.01 < H/\lambda < 0.0055\theta - 0.0725$ となるように設定され、前記水晶基板にリーキー波を励振するIDT電極とを備えることを特徴とする。

【0011】これにより、良好な温度特性を確保しつつ、伝搬損失及び抵抗値を小さくすることができ、製造工程を複雑化することなく、弾性表面波素子の動作周波数を容易に向上させることができる。また、請求項3記載の弾性表面波素子によれば、オイラー角(0、θ、0)が16度≤θ≤23度にカットされた水晶基板と、IDT波長λとIDT電極の厚みHとが、 $0.01 < H/\lambda$ 、かつ、 $0.0055\theta - 0.08275 < H/\lambda < 0.0055\theta - 0.0725$ となるように設定され、前記水晶基板にリーキー波を励振するIDT電極とを備えることを特徴とする。

【0012】これにより、良好な温度特性を確保しつつ、電気機械結合係数を大きくするとともに、抵抗値を小さくすることができ、製造工程を複雑化することなく、弾性表面波素子の動作周波数を容易に向上させることができる。また、請求項4記載の弾性表面波素子によれば、所定の周波数温度偏差範囲に収まるように、前記IDT電極の形成面と対向する全ての面に対して、前記水晶基板の厚みの調整が行われていることを特徴とする。

【0013】これにより、IDT電極を水晶基板に形成した後、その水晶基板の裏面をエッチングするだけで、弾性表面波素子の周波数温度偏差範囲を調整することができる。また、請求項5記載の弾性表面波素子によれば、前記IDT電極の形成領域よりも大きい面積を有する凹部が、前記IDT電極の形成面と対向する面に設けられ、所定の周波数温度偏差範囲に収まるように、前記凹部に対して前記水晶基板の厚みの調整が行われていることを特徴とする。

【0014】これにより、弾性表面波素子の周波数温度偏差範囲を調整するために、水晶基板の裏面をエッチングする場合においても、IDT電極が上を向くようにして弾性表面波素子をマウントすることができ、ワイヤーボンディングを用いて弾性表面波素子を接続することが可能となる。また、請求項6記載の弾性表面波素子によれば、前記水晶基板の厚みの調整量が、0~1λであることを特徴とする。

【0015】これにより、水晶基板の裏面を所定量エッチングするだけで、弾性表面波素子の周波数温度偏差範

(2)

【特許請求の範囲】

【請求項1】 オイラー角が $(0, 15 \sim 23 \text{度}, 0)$ にカットされ、厚みが所定の周波数温度偏差範囲に収まるように調整された水晶基板と、
前記水晶基板上に形成され、前記水晶基板にリーキー波を励振するIDT電極とを備えることを特徴とする弾性表面波素子。

【請求項2】 オイラー角 $(0, \theta, 0)$ が $15 \text{度} < \theta < 16 \text{度}$ にカットされた水晶基板と、
IDT波長 λ とIDT電極の厚み H とが、 $0.01 < H/\lambda < 0.0055\theta - 0.0725$ となるように設定され、前記水晶基板にリーキー波を励振するIDT電極とを備えることを特徴とする弾性表面波素子。

【請求項3】 オイラー角 $(0, \theta, 0)$ が $16 \text{度} \leq \theta \leq 23 \text{度}$ にカットされた水晶基板と、
IDT波長 λ とIDT電極の厚み H とが、 $0.01 < H/\lambda$ 、かつ、 $0.0055\theta - 0.08275 < H/\lambda < 0.0055\theta - 0.0725$ となるように設定され、前記水晶基板にリーキー波を励振するIDT電極とを備えることを特徴とする弾性表面波素子。

【請求項4】 所定の周波数温度偏差範囲に収まるように、前記IDT電極の形成面と対向する全ての面に対して、前記水晶基板の厚みの調整が行われていることを特徴とする請求項1～3のいずれか1項記載の弾性表面波素子。

【請求項5】 前記IDT電極の形成領域よりも大きい面積を有する凹部が、前記IDT電極の形成面と対向する面に設けられ、所定の周波数温度偏差範囲に収まるように、前記凹部に対して前記水晶基板の厚みの調整が行われていることを特徴とする請求項1～3のいずれか1項記載の弾性表面波素子。

【請求項6】 前記水晶基板の厚みの調整量が、 $0 \sim 1\lambda$ であることを特徴とする請求項1～5のいずれか1項記載の弾性表面波素子。

【請求項7】 弾性表面波素子が周波数選択フィルタとして用いられ、
前記弾性表面波素子は、
オイラー角が $(0, 15 \sim 23 \text{度}, 0)$ にカットされ、厚みが所定の周波数温度偏差範囲に収まるように調整された水晶基板と、
前記水晶基板上に形成され、前記水晶基板にリーキー波を励振するIDT電極とを備えることを特徴とする弾性表面波素子を用いた通信装置。

【請求項8】 エッチングガスを導入するチャンバと、
前記チャンバ内に設けられた電極と、
前記電極にRFパワーを印加するRF電源と、
水晶基板のエッチング量が所定の周波数温度偏差範囲に収まるように、前記RF電源のパワーおよび印加時間を制御するRF電源制御部とを備えることを特徴とする弾性表面波素子の製造装置。

2

【請求項9】 オイラー角が $(0, 15 \sim 23 \text{度}, 0)$ の水晶単結晶の主表面上の表面波の伝搬方向に沿って、基板内部にエネルギーを放射しながら伝搬するリーキー波を励振するための少なくとも1対のIDT電極が配置された弾性表面波素子の製造方法において、
所定の周波数温度特性に収まるように、前記IDT電極の形成面と対向する面の水晶厚みを調整することを特徴とする弾性表面波素子の製造方法。

【請求項10】 オイラー角が $(0, 15 \sim 23 \text{度}, 0)$ にカットされ、IDT電極が形成された水晶基板を、前記IDT電極が下を向くように、パッケージに固着する工程と、
所定の周波数温度特性に収まるように、前記水晶基板の裏面をエッチングする工程とを備えることを特徴とする弾性表面波素子の製造方法。

【請求項11】 オイラー角が $(0, 15 \sim 23 \text{度}, 0)$ にカットされ、IDT電極が形成された水晶基板を、前記IDT電極が上を向くように、開口部が形成されたパッケージに固着する工程と、
所定の周波数温度特性に収まるように、前記開口部を介して前記水晶基板の裏面をエッチングする工程とを備えることを特徴とする弾性表面波素子の製造方法。

【請求項12】 前記水晶基板の厚みの調整量が、 $0 \sim 1\lambda$ であることを特徴とする請求項9～11のいずれか1項記載の弾性表面波素子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、弾性表面波素子、弾性表面波素子を用いた通信装置、弾性表面波素子の製造装置および弾性表面波素子の製造方法に関し、携帯電話などにおける周波数選別フィルタ、キーレスエントリーシステムなどにおける発振器、共振子などに適用して好適なものである。

【0002】

【従来の技術】従来の水晶リーキー波を用いた弾性表面波素子では、周波数温度特性を安定化するため、特開平2-194714号公報には、カット角を $16 \text{度}5 \text{分}$ に設定し、 $H/\lambda = 0.005 \pm 0.001$ とする方法が開示されている。ここで、 H は、IDT電極の厚み、 λ は、IDT波長である。

【0003】また、特公平8-17303号公報では、IDT電極を水晶内部に埋めこむことにより、IDT電極の厚み H を大きくし、抵抗値を下げる方法が開示されている。また、特開平7-183760号公報には、カット角を $16^\circ \sim 18.50^\circ$ の範囲に設定することで、周波数温度特性を改善するとともに、 H/λ を $0.01 \sim 0.03$ の範囲に設定することで、反射率を上げて弾性表面波素子を小型化する方法が開示されている。そして記載はないが、これは抵抗値の増加を抑制する効果もある。

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号
特開2003-69380
(P2003-69380A)

(43)公開日 平成15年3月7日(2003.3.7)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	ターミナル*(参考)
H 0 3 H	9/25	H 0 3 H	C 5 J 0 9 7
	3/10		
	9/145		C

審査請求 未請求 請求項の数12 O L (全 12 頁)

(21)出願番号 特願2001-252028(P2001-252028)

(22)出願日 平成13年8月22日(2001.8.22)

(71)出願人 000002369

セイコーエプソン株式会社

東京都新宿区西新宿2丁目4番1号

(72)発明者 神名 重男

長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

(74)代理人 100095728

弁理士 上柳 雅彦 (外2名)

Fターム(参考) 5J097 AA21 AA31 AA37 BB11 DD28

EE04 EE09 GG02 GG07 HB03

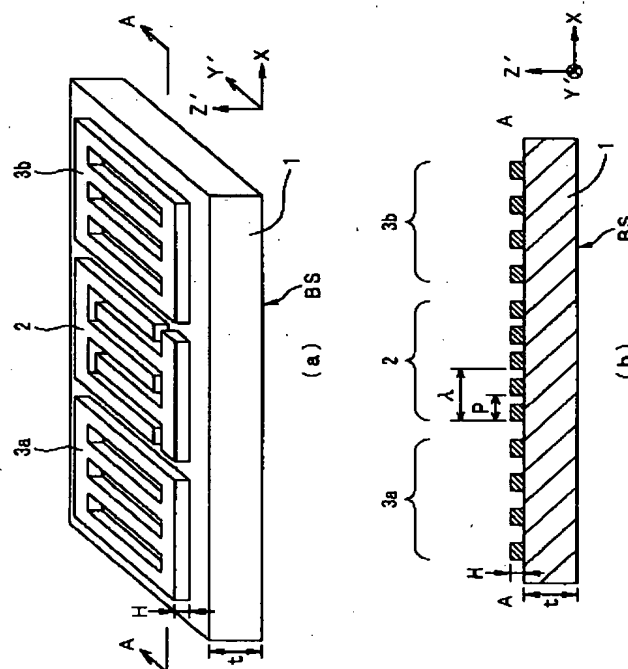
KK07 KK09 KK10

(54)【発明の名称】 弾性表面波素子、弾性表面波素子を用いた通信装置、弾性表面波素子の製造装置および弾性表面波素子の製造方法

(57)【要約】

【課題】 水晶リーキー波を用いた弾性表面波素子の周波数温度特性を容易に改善する。

【解決手段】 水晶厚み t の調整量をIDT波長 λ に対して、 $0 \sim 1\lambda$ の間にする事で、周波数温度偏差範囲を極小値に調整する。



45 Thickness Measurement Section
46 RF Power Control Section
47 Thickness Adjustment Data

[Translation done.]

*** NOTICES ***

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] The perspective diagram showing the outline composition of the surface acoustic element which drawing 1 (a) requires for the 1st operation gestalt of this invention, and drawing 1 (b) are the cross sections cut by the A-A line of drawing 1 (a).

[Drawing 2] It is drawing showing the relation of the crystal thickness t of a surface acoustic element and the frequency temperature distribution concerning the 1st operation gestalt of this invention.

[Drawing 3] It is drawing showing the relation of the crystal thickness t of a surface acoustic element and the frequency temperature distribution range concerning 1 operation gestalt of this invention.

[Drawing 4] It is drawing showing the relation of the crystal thickness t of a surface acoustic element and the frequency temperature distribution range concerning 1 operation gestalt of this invention.

[Drawing 5] The cross section showing the outline composition of the surface acoustic element which drawing 5 (a) requires for the 2nd operation gestalt of this invention, and drawing 5 (b) are the cross sections showing the outline composition of the surface acoustic element concerning the 3rd operation gestalt of this invention.

[Drawing 6] It is the perspective diagram and cross section showing the manufacturing process of the surface acoustic element concerning the 2nd operation gestalt of this invention.

[Drawing 7] It is the block diagram showing the outline composition of the manufacturing installation of the surface acoustic element concerning the 4th operation gestalt of this invention.

[Drawing 8] It is drawing showing the relation of the Eulerian angle of a surface acoustic element and propagation loss concerning the 5th operation gestalt of this invention.

[Drawing 9] It is drawing showing an example of the relation of the temperature of a surface acoustic element and the frequency temperature distribution concerning the 5th operation gestalt of this invention.

[Drawing 10] It is drawing showing the relation of the Eulerian angle of a surface acoustic element and propagation loss concerning the 6th operation gestalt of this invention.

[Drawing 11] It is drawing showing an example of the relation of the temperature of a surface acoustic element and the frequency temperature distribution concerning the 6th operation gestalt of this invention.

[Drawing 12] It is drawing showing the relation of the Eulerian angle of a surface acoustic element and H/λ concerning the 6th operation gestalt of this invention.

[Description of Notations]

- 1, 11, 21, 31 Crystal substrate
- 2, 12, 22, 32 IDT electrode
- 3a, 3b, 33a, 33b Reflector electrode
- 13, 24, 35 Glue line
- 14, 26, 36 Ceramic package
- 23 Crevice
- 25 Bonding Wire
- 27 Opening
- W Crystal wafer
- CP Chip
- 34a, 34b Drawer electrode
- 37 Lid
- 41 Chamber
- 42a Up electrode
- 42b Lower electrode
- 43 Capacitor
- 44 RF Power Supply

[0044] Moreover, since a propagation loss is not zero even if it is 15 minutes $[20] < \theta < 16$ degrees, although the combination with thickness mode is slight, it exists. Therefore, even if it is this case, the frequency temperature-distribution range is further improvable by adjusting crystal thickness. Thus, according to the 5th operation gestalt mentioned above, it can respond to a RF, and a propagation loss is small, H/λ is large, and the surface acoustic wave for which the frequency temperature characteristic used the good crystal Leakey wave can be offered.

[0045] Drawing 10 is drawing showing the relation of the Eulerian angle of a surface acoustic element and propagation loss concerning the 6th operation gestalt of this invention. In addition, this 6th operation gestalt can be made to enlarge thickness of an IDT electrode, without spoiling the temperature characteristic by setting H/λ as the range of $0.0055\theta - 0.08275 < H/\lambda < 0.0055\theta - 0.0725$ and $0.01 < H/\lambda$, while increasing an electromechanical coupling coefficient by setting Eulerian-angle θ as the range of $16 \leq \theta \leq 23$ degrees.

[0046] In drawing 10, when it considers as an Eulerian angle (θ , 0), above 16 degrees, θ increases a propagation loss in monotone and increases an electromechanical coupling coefficient to $\theta = 23$ degrees. On the other hand, at $\theta > 23$ degrees, an electromechanical coupling coefficient decreases and a propagation loss increases further. For this reason, at $\theta > 23$ degrees, there are few advantages as a surface acoustic element, and in order to enlarge an electromechanical coupling coefficient, permitting the increase in a propagation loss, it is desirable that it is $\theta \leq 23$ degrees.

[0047] Here, by the oscillator circuit using the surface acoustic element, if an electromechanical coupling coefficient is large, when frequency adjustable width of face can enlarge and it uses as a filter, bandwidth can be enlarged. On the other hand, if H/λ is small, in order for the reflection coefficient in an electrode to become small and to secure sufficient amount of reflection, many electrode numbers are needed. At $\theta \geq 16$ degrees, since a propagation loss increases, it becomes important to make a propagation path as small as possible.

[0048] For that purpose, the reflection coefficient in an electrode is enlarged, and it is necessary to secure sufficient amount of reflection by the few electrode number, and it is necessary to enlarge H/λ . That is, at $16 \leq \theta \leq 23$ degrees, there is an advantage that an electromechanical coupling coefficient can be enlarged, a propagation path is made small by enlarging H/λ , and influence of an increase of a propagation loss can be made small.

[0049] However, in connection with the Leakey wave propagation, as for the increase in a propagation loss, bulk radiation means a bird clapper greatly. If bulk radiation becomes large, in order to predict that it becomes impossible to disregard combination with thickness mode and to obtain the good temperature characteristic, it is desirable to adjust crystal thickness. Drawing 11 is drawing showing an example of the relation of the temperature of a surface acoustic element and the frequency temperature distribution concerning the 6th operation gestalt of this invention. in drawing 11, if crystal thickness is adjusted so that the good temperature characteristic may be obtained, also in $H/\lambda = 0.030$ and any of $\theta = 20$ degrees, the frequency temperature-distribution range can be set to 140 ppm or less for 48 minutes 36 minutes and $H/\lambda = 0.025$ and $\theta = 18$ degrees $H/\lambda = 0.015$ and $\theta = 17$ degrees, and the good temperature characteristic can obtain from ST cut

[0050] As a result of inquiring furthermore, as in $16 \leq \theta \leq 23$ degrees showed to drawing 12, when H/λ was the range of $0.0055\theta - 0.08275 < H/\lambda < 0.0055\theta - 0.0725$ and $0.01 < H/\lambda$, excelling the frequency temperature characteristic of ST cut was checked. Thus, while becoming possible to enlarge an electromechanical coupling coefficient according to the 6th operation gestalt mentioned above, by enlarging H/λ , enlarging a reflection coefficient and making a propagation path small, influence of an increase of a propagation loss can be made small, and bandwidth is large and can offer the surface acoustic wave using the crystal Leakey wave which has the good frequency temperature characteristic.

[0051]

[Effect of the Invention] The frequency of operation of a surface acoustic element can be raised easily, without according to this invention, being able to adjust the frequency temperature-distribution range only by adjusting the thickness of a crystal substrate, and complicating a manufacturing process, as explained above.

from the rear face of the crystal substrate 21. In this case, there may not be the opening 27 of a ceramic package 26.

[0034] Drawing 6 is the perspective diagram and cross section showing the manufacturing process of the surface acoustic element concerning the 2nd operation gestalt of this invention. In drawing 6 (a), if a surface acoustic element is formed to the crystal wafer W, a surface acoustic element will be started as a chip CP by performing the dicing of this crystal wafer W.

[0035] Consequently, the chip CP with which the surface acoustic element of drawing 6 (b) was formed is obtained. Here, the IDT electrode 32, the reflector electrodes 33a and 33b, and the drawer electrodes 34a and 34b are formed on the crystal substrate 31 at the surface acoustic element of drawing 6 (b). Next, as are shown in drawing 6 (c), and the IDT electrode 32 turns to the bottom, the crystal substrate 31 of drawing 6 (b) is pasted up on a ceramic package 36 through adhesives 34.

[0036] Next, by performing plasma etching ZM at the rear face of the crystal substrate 31, as shown in drawing 6 (d), after the crystal substrate 31 of drawing 6 (b) has pasted the ceramic package 36, thickness t of the crystal substrate 31 is adjusted so that the predetermined frequency temperature characteristic may be obtained. Next, as shown in drawing 6 (e), the surface acoustic element of drawing 6 (b) is closed by covering a ceramic package 36 with a lid 37.

[0037] Drawing 7 is the block diagram showing the outline composition of the manufacturing installation of the surface acoustic element concerning the 4th operation gestalt of this invention. In drawing 7, while up electrode 42a and lower electrode 42b are prepared in a chamber 41 and up electrode 42a is grounded, lower electrode 42b is connected to the RF power supply 44 through the capacitor 43. Here, the sample 48 used as a processing object is laid in lower electrode 42b.

[0038] While the thickness measurement section 45 which measures thickness t of the crystal substrate of a sample 48 is formed in a chamber 41, the RF power supply 44 is connected to RF power control section 46. Here, the thickness adjustment data 47 are formed in RF power control section 46, and with reference to the thickness adjustment data 47, in it, RF power control section 46 controls the power and impression time of the RF power supply 44 so that the measurement result of the thickness measurement section 45 serves as predetermined thickness. Here, drawing 3 and data as shown in 4 can be registered as thickness adjustment data 47.

[0039] When adjusting the frequency temperature characteristic of a surface acoustic element, it lays on lower electrode 42b by making the surface acoustic element of the process of drawing 6 (c) into a sample 48, and the pitch P of the IDT electrode of a surface acoustic element is inputted into RF power control section 46. And performing the exhaust air in a chamber 41, etching gas, such as fluorine gas, is introduced in a chamber 41, and RF power of lower electrode 42b is impressed.

[0040] RF power control section 46 compares the measurement result from the thickness measurement section 45 with the thickness adjustment data 47, if RF power is impressed to lower electrode 42b. And if thickness t of a crystal substrate reaches the minimal value of the frequency temperature-distribution range, it will stop impression of RF power. Drawing 8 is drawing showing the relation of the Eulerian angle of a surface acoustic element and propagation loss concerning the 5th operation gestalt of this invention. In addition, this 5th operation gestalt can be made to enlarge thickness of an IDT electrode, without spoiling the temperature characteristic by setting H/λ as the range of $0.01 < H/\lambda < 0.0055\theta - 0.0725$, while reducing crystal Leakey wave propagation loss by setting Eulerian-angle θ as the range of 15 minutes $[20] < \theta < 16$ degrees.

[0041] In drawing 8, if Eulerian-angle θ from which a propagation loss becomes the minimum becomes 40 minutes about 15 degrees and takes 20 minutes into consideration as variation in Eulerian-angle θ at the time of a cut, the range of 15 minutes $[20] < \theta < 16$ degrees will turn into a range with the smallest propagation loss. Thus, the good temperature characteristic can be obtained, without bulk radiation becoming small and adjusting crystal thickness, when a propagation loss is small.

[0042] On the other hand, in order to obtain the good temperature characteristic since bulk radiation becomes large if a propagation loss becomes large, you may be made to adjust crystal thickness. Drawing 9 is drawing showing an example of the relation of the temperature of a surface acoustic element and the frequency temperature distribution concerning the 5th operation gestalt of this invention. Here, it was referred to as $H/\lambda = 0.011$. In drawing 9, the frequency temperature distribution is settled in the range of -10 to -60 ppm in the range of -40 to -90 degree C also in any for 42 minutes 30 minutes and $\theta = 15$ degrees $\theta = 15$ degrees.

[0043] On the other hand, the frequency temperature-distribution range of ST cut is about 140 ppm at -40 to -90 degree C, and the result of drawing 9 shows the good temperature characteristic from ST cut. As a result of inquiring furthermore, when it was the range of $0.01 < H/\lambda < 0.0055\theta - 0.0725$ at 15 minutes $[20] < \theta < 16$ degrees, excelling the frequency temperature characteristic of ST cut was checked.